

Mikrostruktur und Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen

5

Die Erfindung bezieht sich auf Mikrostrukturen und ein Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen, welche durch Überlagerung einer
10 Reliefstruktur mit mindestens einer zweiten Reliefstruktur gebildet sind.

Lichtbeugende Mikrostrukturen weisen eine Vielzahl von meist als parallele Furchen ausgestalteten Vertiefungen auf, die z.B. ein optisches Gitter mit einer mikroskopisch feinen Reliefstruktur bilden. Auf die Mikrostrukturen einfallendes
15 Licht wird in einer durch die Mikrostruktur vorbestimmten Weise gebeugt oder gestreut. Mosaik aus den Mikrostrukturen werden beispielsweise in Kunststoff oder Metall abgeformt und dienen als Echtheitsmerkmale für wertvolle Gegenstände. Diese Echtheitsmerkmale weisen ein auffälliges optisches Verhalten auf und sind schwer nachzuahmen.

20

Für die Herstellung von derartigen Mikrostrukturen sind einige Verfahren bekannt. So erzeugen mechanische Vorrichtungen die Mikrostrukturen durch Ritzen von vielen parallelen Furchen in eine Substratoberfläche. Die Form des Ritzwerkzeugs bestimmt das Profil der Reliefstruktur. Das Ritzen der
25 Reliefstruktur wird mit zunehmender Linienzahl pro mm immer schwieriger und demzufolge teurer. Kostengünstiger sind holographische Verfahren, bei denen zwei kohärente Lichtstrahlen aus einer Laserlichtquelle auf einer lichtempfindlichen Schicht aus Photoresist zur Interferenz gebracht werden. Das Interferenzbild mit seinen hellen und dunklen Streifen belichten den

Photoresist entsprechend der lokalen Lichtintensität. Nach dem Entwickeln weist die Oberfläche des Photoresist eine Reliefstruktur mit einem symmetrischen Profil auf. In einem weiteren Verfahren zeichnet ein Elektronenstrahl die Reliefstruktur Furche um Furche in die Photoresistschicht, wobei die Furchen auch gekrümmte Linien bilden können. Die nach diesen Verfahren hergestellten Mikrostrukturmasterformen lassen sich auf galvanischem Weg vervielfältigen und mit den Kopien metallische Prägestempel erzeugen, mit denen sich die Mikrostrukturen in Metall oder Kunststoff abformen lassen. Bei diesen Verfahren ist aber der apparative Aufwand für die Herstellung von Mikrostrukturen ausserordentlich hoch.

Es ist auch aus der EP-A 0 105 099 bekannt, neue Mikrostrukturen in Form eines Mosaiks zu synthetisieren, wobei in jedem Flächenelement des Mosaiks eine aus einem Satz von verschiedenen Reliefstrukturen, vorbestimmt im Azimut ausgerichtet, mechanisch abgeformt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine mit hoher Genauigkeit relativ einfach herstellbare, komplizierte und infolgedessen schwer imitierbare Mikrostruktur, z.B. für einen Replizier-Master, und ein kostengünstiges Verfahren zum Herstellen einer Mikrostruktur vorzuschlagen, deren Reliefstruktur durch eine Überlagerung mindestens zweier Reliefstrukturen erzeugt ist.

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die in den Ansprüchen 1 und 9 angegebenen Merkmale gelöst und basiert auf der Idee, einen Präge- oder sonstigen mechanischen Abformprozess mit einer Photostrukturierung zu kombinieren, um kostengünstige, trotzdem aber komplizierte Mikrostrukturen zu erzeugen. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

- 5 Figur 1 ein Substrat mit einer Schicht aus Photoresist,
- Figur 2 die geprägte Oberfläche der Schicht aus Photoresist,
- Figur 3 eine Mattstruktur,
- Figur 4 das Belichten des Photoresist,
- Figur 5 ein Profil eines Mikroreliefs und
- 10 Figur 6 einen Prägestempel mit einer Reliefmatrize.

- In der Figur 1 ist ein erster Schritt zur Herstellung von optisch diffraktiven Strukturen im Querschnitt gezeigt. Auf einem flachen Substrat 1 aus Metall, Glas, Keramik oder Kunststoff ist eine Schicht 2 aus Photoresist aufgebracht.
- 15 Die Dicke d der Schicht 2 liegt im Bereich von $0,1 \mu\text{m}$ bis $100 \mu\text{m}$ und richtet sich nach der Tiefe der zu erzeugenden diffraktiven Strukturen.
- Lichtempfindliche Photoresistmaterialien sind bekannt, beispielsweise von Shipley das Produkt Microposit S1813. Das Photoresistmaterial wird auf das Substrat 1 in flüssiger Form aufgebracht und unter Wärmeeinwirkung verfestigt.
- 20 In die ebene freie Oberfläche der Schicht 2 wird in einer bevorzugten Variante eine auf einem Prägestempel 3 montierte Reliefmatrize 4 abgesenkt und in die freie Oberfläche der Schicht 2 so eingedrückt, dass die Reliefmatrize 4 in die freie Oberfläche der Schicht 2 abgeformt wird.
- 25 Gemäss der Figur 2 weist nach dem Abheben des Prägestempels 3 (Fig. 1) die Schicht 2 im Bereich des Prägestempels eine Reliefstruktur 5 auf, die ein Negativ der Reliefmatrize 4 (Fig. 1) ist. Während des Prägens darf sich das Substrat 1 nicht verformen bzw. durchbiegen, damit die Reliefmatrize 4 die Reliefstruktur 5 möglichst formgetreu auf die Schicht 2 überträgt.

Ohne die Bedeutung des Begriffs „Reliefstruktur“ 5 einzuschränken, ist in der Zeichnung der Figur 1 das Profil der abzuformenden Reliefmatrize 4 beispielhaft mit einem symmetrischen Sägezahnprofil eines periodischen
 5 Gitters dargestellt. Für die Reliefstruktur 5 eignen sich insbesondere auch eines der anderen bekannten Profile, wie z.B. asymmetrische Sägezahnprofile, rechteckförmige Profile, sinusförmige und sinusähnliche Profile, eine regelmässige Anordnung von Pyramiden usw., die ein periodisches lineares Gitter bzw. Kreuzgitter bilden. Die Spatialfrequenz der Reliefstruktur 5 kann aus
 10 dem weiten Bereich von 1 Linie/mm bis einigen 1.000 Linien/mm gewählt sein. Die Strukturtiefe T der Reliefstruktur 5 eines periodischen Gitters liegt üblicherweise im Bereich von 0.1 μm bis 100 μm , wobei aus technischen Gründen Reliefstrukturen 5 mit einer grossen Strukturtiefe T (Fig. 1) typischerweise einen niederen Wert der Spatialfrequenz aufweisen.

15 In einer anderen Verfahrensvariante wird in die Oberfläche der Schicht 2 eine isotrope oder anisotrope Mattstruktur abgeformt, die die Reliefstruktur 5 bildet. Die Mattstrukturen enthalten mikroskopisch feine Reliefstrukturelemente, die das Streuvermögen bestimmen und die nur mit statistischen Kenngrössen
 20 beschrieben werden können, wie z.B. Mittenrauhwert R_a , Korrelationslänge l_c usw., wobei die Werte für den Mittenrauhwert R_a im Bereich 20 nm bis 2.500 nm liegen mit Vorzugswerten von 50 nm bis 500 nm. Die Korrelationslänge l_c weist wenigstens in einer Richtung Werte im Bereich von 200 nm bis 50.000 nm, vorzugsweise zwischen 1.000 nm bis 10.000 nm, auf.
 25 Die mikroskopisch feinen Reliefstrukturelemente der isotropen Mattstruktur weisen keine azimuthale Vorzugsrichtung auf, weshalb das gestreute Licht mit einer Intensität, die grösser als ein z.B. durch die visuelle Erkennbarkeit vorbestimmter Grenzwert ist, in einem durch das Streuvermögen der Mattstruktur vorbestimmten Raumwinkel in allen azimuthalen Richtungen
 30 gleichmässig verteilt ist. Stark streuende Mattstrukturen verteilen das gestreute Licht in einen grösseren Raumwinkel als eine schwach streuende Mattstruktur.

Weisen hingegen die mikroskopisch feinen Reliefstrukturelemente im Azimut eine bevorzugte Richtung auf, streut die Mattstruktur einfallendes Licht anisotrop. Der durch das Streuvermögen der Mattstruktur vorbestimmte Raumwinkel besitzt als Querschnitt eine Ellipsenform, deren grosse

5 Hauptachse senkrecht zur bevorzugten Richtung der Reliefstrukturelemente weist. Im Gegensatz zu den diffraktiven Strukturen streuen die Mattstrukturen das einfallende Licht praktisch unabhängig von dessen Wellenlänge, d.h. die Farbe des gestreuten Lichts entspricht im wesentlichen derjenigen des auf die Mattstrukturen einfallenden Lichts.

10

Die Figur 3 zeigt einen beispielhaften Querschnitt durch eine der Mattstrukturen, die als Reliefstruktur 5 in die Schicht 2 abgeformt ist. Anstelle der Strukturtiefe T (Fig. 1) der Gitter weist das Profil der Mattstruktur den Mittenrauhwert R_a auf. Die feinen Reliefstrukturelemente der Mattstruktur

15 weisen grösste Höhenunterschiede H bis zu etwa dem 10-fachen des Mittenrauhwerts R_a auf. Die grössten Höhenunterschiede H der Mattstruktur entsprechen somit der Strukturtiefe T für die periodischen Gitter. Die Werte der Höhenunterschiede H der Mattstrukturen liegen im oben genannten Bereich der Strukturtiefe T . Die nachstehend gemachten Angaben für den Bereich der

20 Strukturtiefe T gelten somit sowohl für Reliefstrukturen 5 mit periodischen Gittern als auch für Reliefstrukturen 5 mit Mattstrukturen.

Anhand der Figur 4 wird ein holographisches Verfahren beschrieben, das mittels Photostrukturierung der Reliefstruktur 5 additiv ein in der Zeichnung der

25 Figur 4 nicht gezeigtes Beugungsgitter überlagert. Ein kohärenter Lichtstrahl 6 mit einer Wellenlänge von beispielsweise 400 nm wird in einer Laserlichtquelle 7 erzeugt. Der Lichtstrahl 6 trifft auf einen Strahlteiler 8. Der Strahlteiler 8 lenkt einen Teil des Lichtstrahls 6 als Teilstrahl 9 in Richtung der Reliefstruktur 5. Das übrige, den Strahlteiler 8 unabgelenkt durchdringende Licht bildet einen

30 Referenzstrahl 10. Ein Umlenkspiegel 11 richtet den Referenzstrahl 10 ebenfalls auf die Reliefstruktur 5. Der Teilstrahl 9 und der Referenzstrahl 10

sind so aufgefächert, dass jeder der Strahlen 9, 10 einzeln die ganze Reliefstruktur 5 mit parallelen Lichtstrahlen beleuchten würde. Die Richtung des Teilstrahls 9 unterscheidet sich von der Richtung des Referenzstrahls 10, so dass sich der Teilstrahl 9 und der Referenzstrahl 10 im Bereich der

5 strukturierten Oberfläche unter einem vorbestimmten Schnittwinkel schneiden. Wegen der Kohärenz der Lichtwellen und der Weglängendifferenz der beiden Strahlen 9, 10 interferieren der Teilstrahl 9 und der Referenzstrahl 10 derart miteinander, dass sich auf der Reliefstruktur 5 ein Interferenzmuster ausbildet. Das Interferenzmuster umfasst parallele Streifen von grosser Lichtintensität die

10 durch Streifen von geringer Lichtintensität getrennt sind, wobei die Streifen des Interferenzmusters die Spur einer vom Teilstrahl 9 und vom Referenzstrahl 10 aufgespannten Ebene auf der Reliefstruktur 5 senkrecht schneiden. Die Anzahl Streifen pro Millimeter ist bestimmt durch die Wellenlänge des die Strahlen 6, 9, 10 bildenden Lichts und durch den Schnittwinkel, unter dem sich der Teilstrahl

15 9 und der Referenzstrahl 10 schneiden.

Durch Drehen des Substrats 1 um eine Normale 15 auf die Ebene des Substrats 1 wird das Substrat 1 und damit die Reliefstruktur 5 vor der Belichtung auf das Interferenzmuster im Azimut ausgerichtet und ein

20 vorbestimmter Azimutwert eingestellt.

Das Material des oben genannten Photoresist wird durch die Belichtung mit dem Interferenzmuster nur in den Streifen mit der grossen Lichtintensität derart verändert, dass sich nach der Exposition das Material des Photoresist unter der

25 Einwirkung des , z.B. Shipley Mikroposit 351, Entwicklers auflöst. In der Oberfläche des Photoresist entstehen dabei Vertiefungen in Form von parallelen Furchen eines Beugungsgitters, dessen Gitterperiode gleich dem Abstand der Streifen im Interferenzmuster ist. Die Gitterperiode ist einstellbar, indem der Schnittwinkel, unter dem sich der Teilstrahl 9 und der Referenzstrahl

30 10 schneiden, verändert wird. Die Wellenlänge des Lichtstrahls 6 ist durch die

Laserlichtquelle vorbestimmt und muss sich für die Belichtung des Photoresist der Schicht 2 eignen.

Das Profil der Furchen und deren geometrische Profiltiefe t werden durch die
5 Belichtungszeit, die Entwicklungszeit und die Lichtintensität bestimmt. Die Tiefe
der Furchen erreicht einen vorbestimmten Wert von normalerweise 250 nm.
Das Profil ist symmetrisch und reicht vom einfachen Sinusprofil bis zum
Rechteckprofil. Die Lage der Furchen ist durch die Streifen des
Interferenzmusters bestimmt. Daher unterscheiden sich die Gitterlinien der
10 Reliefstruktur 5 und die Furchen der Beugungsstruktur im Azimut um den
eingestellten vorbestimmten Azimutwert.

In der Figur 5 ist die Oberfläche der Schicht 2 nach der Photostrukturierung der
Reliefstruktur 5 (Fig. 4) dargestellt. Eine Mikrostruktur 12 hat sich in der
15 Oberfläche der Schicht 2 ausgebildet, welche durch die additive Überlagerung
der Reliefstruktur 5 mit der holographisch erzeugten Beugungsstruktur
entstanden ist, wobei in dem Beispiel die Gitterlinien der Reliefstruktur 5 und
die Furchen 13 der Beugungsstruktur eine gleiche azimutale Ausrichtung
aufweisen. In der Zeichnung der Figur 5 ist die ursprüngliche Reliefstruktur 5
20 mittels einer gestrichelten Linie 14 angedeutet. Der ursprünglich zwischen der
gestrichelten Linie 14 und der Mikrostruktur 12 vorhanden gewesene
Photoresist ist beim Entwickeln entfernt worden.

Nach dem Trocknen des Photoresist wird die Mikrostruktur 12 in bekannter
25 Weise galvanisch in Nickel abgeformt und so einen Master der Mikrostruktur 12
erzeugt. Der reflektierende Master wird einer Prüfung unterzogen, ob die
optischen Eigenschaften des Masters den erwarteten entsprechen. Von diesem
Master werden dann Kopien angefertigt, mit denen in Kunststoff oder Metall
Ausschnitte aus dem Master mit anderen Beugungsstrukturen, spiegelnden
30 Flächen etc. zu einem mosaikartigen Muster für ein optisches
Sicherheitselement kombiniert werden.

Dieses Herstellverfahren hat den Vorteil, dass weitgehend (und besser als bei anderen Verfahren) sichergestellt ist, dass für die Mikrostruktur 12 eine echte Addition der zu kombinierenden Strukturen, der Reliefstruktur 5 und der
 5 Beugungsstruktur, erreicht wird, wobei die Geometrien der Reliefstruktur 5 und der Beugungsstruktur weitgehend erhalten bleiben.

Hierbei können auch Strukturen kombiniert werden, welche sich hinsichtlich ihrer Dimension stark unterscheiden. Beispielsweise kann die Reliefstruktur 5
 10 eine Strukturtiefe T von mehr als $2\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen und eine der Mattstrukturen oder eines der Gitter oder gar Mikroprismen eines Retroreflektors sein. Die Reliefstruktur 5 wird mit der Beugungsstruktur mit einem kleinen Wert der Gitterperiode überlagert.

15 Bei einem ersten Verfahren zur Erzeugung der Mikrostruktur 12 wird eines der oben beschriebenen periodischen Gitter als Reliefstruktur 5 in die Schicht 2 abgeformt, das mit der Beugungsstruktur photostrukturiert wird. Die Spatalfrequenz der Beugungsstruktur ist in einer speziellen Ausführung wenigstens fünfmal höher ist als die Spatalfrequenz der Reliefstruktur 5.

20 Bei einem zweiten Verfahren zur Erzeugung der Mikrostruktur 12 wird eine der oben beschriebenen Mattstrukturen in die Schicht 2 abgeformt, die mit der Beugungsstruktur photostrukturiert wird. Die Gitterperiode der Beugungsstruktur beträgt höchstens 500 nm , damit Licht nur in die nullte
 25 Beugungsordnung reflektiert wird. Der Vorteil dieser Mikrostruktur 12 ist, dass sie das Streuvermögen der Mattstruktur mit den Eigenschaften des Beugungsgitters, wie z.B. wellenlängen-selektives Reflexionsvermögen, Polarisationsvermögen usw. vereint.

30 Die Verfahren zur Erzeugung der Mikrostruktur 12 können auf eine erste Art erweitert werden, indem nach der erfolgten, vorherigen Photostrukturierung der

Schnittwinkel verändert wird, unter dem sich der Teilstrahl 9 (Fig. 4) und der Referenzstrahl 10 (Fig. 4) schneiden, und eine weitere Photostrukturierung mit einem Interferenzmuster erfolgt, dessen Streifenmuster in der Anzahl der Streifen pro Millimeter gegenüber der vorherigen Photostrukturierung verändert
 5 ist. Diese Erweiterung des Verfahrens mit einer anderen Einstellung der Spatialfrequenz des Streifenmusters wird einmal durchgeführt oder mehrmals mit verschiedenen Werten der Spatialfrequenz wiederholt, bis die vorbestimmte Mikrostruktur 12 erreicht ist.

10 Die Verfahren zur Erzeugung der Mikrostruktur 12 lassen sich auf eine zweite Art erweitern, indem nach der erfolgten, vorherigen Photostrukturierung eine weitere Photostrukturierung mit einer anderen azimuthalen Ausrichtung des Substrats 1 auf das vom Teilstrahl 9 (Fig. 4) und vom Referenzstrahl 10 (Fig. 4) gebildete Interferenzmuster erfolgt. Diese Erweiterung der oben beschriebenen
 15 Photostrukturierung mit einer anderen Einstellung der azimuthalen Ausrichtung wird einmal durchgeführt oder mehrmals mit anderen azimuthalen Ausrichtungen wiederholt, bis die vorbestimmte Mikrostruktur 12 erreicht ist.

Die Verfahren zur Erzeugung der Mikrostruktur 12 können auf eine dritte Art
 20 variiert werden, indem nach der erfolgten, vorherigen Photostrukturierung sowohl die Spatialfrequenz des Streifenmusters als auch die azimuthale Ausrichtung verändert werden und anschliessend eine weitere Photostrukturierung erfolgt. Diese Erweiterung der oben beschriebenen Photostrukturierung mit einer anderen Einstellung der Spatialfrequenz des
 25 Streifenmusters und der azimuthalen Ausrichtung wird einmal durchgeführt oder mehrmals mit anderen Einstellwerten wiederholt, bis die vorbestimmte Mikrostruktur 12 erreicht ist.

In dem als bevorzugt beschriebenen Verfahren wird im Schritt a) ein
 30 Prägeverfahren zum Abformen der Reliefstruktur 5 verwendet.

Es kann aber auch das Verfahren im Schritt a) dahingehend abgeändert werden, dass die Reliefstruktur 5 bereits beim Giessen der Schicht 2 abgeformt wird. Der flüssige Photoresist wird dabei in eine Gussform bestehend aus dem Substrat 1 und der dem Substrat 1 gegenüberliegenden Reliefmatrize 4 (Fig. 1) gegossen. Nach dem Verfestigen des Photoresist unter Wärmeeinwirkung wird die Reliefmatrize 4 entfernt. Die freie Oberfläche der Schicht 2 weist die Reliefstruktur 5 als das Negativ der Reliefmatrize 4 auf.

In einer weiteren Variante des Verfahrens kann im Schritt a) anstelle des Prägens oder Giessens die Reliefstruktur 5 direkt mit einem Stichel mechanisch in die Schicht 2 eingeschnitten werden.

Eine Variante des Verfahrens nach Figur 6 verwendet als Reliefmatrize 4 eine Struktur, die wenigstens eine Paraboloid - Fläche 16 und/oder eine Kegelspitze 17 enthält. Die Paraboloid - Flächen 16 und/oder die Kegelspitzen 17 werden auch mit dem oben beschriebenen periodischen Gitter kombiniert. Die Reliefmatrize 4 wird in die Schicht 2 auf dem Substrat 1 abgeformt. Anschliessend erfolgt die Photostrukturierung.

Eine weitere Variante des Verfahrens zur Erzeugung der Mikrostruktur 12 verwendet anstelle des Gitters oder der Mattstruktur als Reliefmatrize 4 eine bereits vorhandene Kombinationsstruktur mit überlagerten Strukturen, die in den oben beschriebenen Verfahrensschritten zunächst zum Erzeugen der Reliefstruktur 5 in die Oberfläche der Schicht 2 aus Photoresist abgeformt und anschliessend weiter photostrukturiert wird.

Es ist bekannt, dass neben dem oben beschriebenen, positiv arbeitenden Photoresist auch ein negativ arbeitender Photoresist (Futurrex NR7 – 1000PY) angeboten wird, der sich für dieses Verfahren gut eignet.

Patentansprüche -:

- 5 1. Mikrostruktur, welche durch Überlagerung einer ersten mit wenigstens einer zweiten Reliefstruktur gebildet ist, wobei die erste Reliefstruktur (5) eine mechanisch in einer Schicht (2) erzeugte Struktur und die wenigstens eine zweite Reliefstruktur eine photochemisch auf der Oberfläche der ersten Reliefstruktur (5) erzeugte, Vertiefungen, z.B. Furchen, (13)
10 aufweisende Beugungsstruktur (12) ist.
2. Mikrostruktur nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Beugungsstruktur (12) ein Beugungsgitter ist.
15
3. Mikrostruktur nach Anspruch 1 und 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Vertiefungen (13) der Beugungsstruktur (12) eine Tiefe (t) von
höchstens 500 nm, vorzugsweise von höchstens 250 nm aufweisen.
20
4. Mikrostruktur nach Anspruch 2 oder 3
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Gitterperiode des Beugungsgitters (12) höchstens 400 nm
beträgt.
25
5. Mikrostruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die erste Reliefstruktur (5) eine periodische Gitterstruktur ist.

6. Mikrostruktur nach Anspruch 5,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass das Beugungsgitter (12) eine Spatialfrequenz aufweist, die
 wenigstens dem Fünffachen der Spatialfrequenz der periodischen
 5 Gitterstruktur der ersten Reliefstruktur (5) entspricht.
7. Mikrostruktur nach Anspruch 5 oder 6,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass das Beugungsgitter (12) und die Gitterstruktur der ersten
 10 Reliefstruktur (5) unter einem vorbestimmten Azimutwinkel gegeneinander
 verdreht sind.
8. Mikrostruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 15 dass die erste Reliefstruktur (5) eine Mattstruktur ist.
9. Verfahren zum Herstellen von lichtbeugenden Mikrostrukturen (13) in
 einer Schicht (2) aus Photoresist auf einem Substrat (1), welche durch
 Überlagerungen einer ersten Reliefstruktur (5) mit wenigstens einer
 20 zweiten, als Beugungsstruktur (12) dienenden Reliefstruktur entstehen,
 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h die Schritte
- a) Herstellen einer Schicht (2) aus Photoresist auf einem ebenen
 Substrat (1), welche in der freien Oberfläche der Schicht (2) die erste
 Reliefstruktur (5) aufweist,
- 25 b) Erzeugen eines Interferenzmusters, wobei kohärentes Licht in
 einen Teilstrahl (9) und in einen Referenzstrahl (10) aufgespaltet und
 wobei der Teilstrahl (9) und der Referenzstrahl (10) einen vorbestimmten
 Schnittwinkel einschliessend auf der Reliefstruktur (5) zur Interferenz
 gebracht werden,
- 30 c) Ausrichten der ersten Reliefstruktur (5) auf das Interferenzmuster,
 das Streifen von grosser Lichtintensität getrennt durch Streifen von

geringer Lichtintensität umfasst und das die erste Reliefstruktur (5) beleuchtet,

d) Belichten der Photoresist-Schicht (2) mit der ersten Reliefstruktur (5) mittels des Interferenzmusters während einer vorbestimmten Zeit, wobei in den Streifen von grosser Lichtintensität das Material des Photoresist verändert wird,

e) Entwickeln des Photoresist während einer vorbestimmten Zeit, wobei das durch die Belichtung veränderte Material des Photoresist teilweise entfernt wird und Vertiefungen, z.B. Furchen, (13) der Beugungsstruktur entstehen,

f) Trocknen des Photoresist.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass im Schritt e) die Zeit zum Entwickeln des Photoresist so bemessen wird, dass die Furchen (13) der Beugungsstruktur eine Tiefe von höchstens 500 nm, vorzugsweise von höchstens 250 nm erreichen.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass im Schritt a) eine auf einem Prägestempel (3) angebrachte Reliefmatrize (4) in die Oberfläche der Schicht (2) aus Photoresist abgesenkt wird und die erste Reliefstruktur (5) als ein Negativ der Reliefmatrize (4) abgeformt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass im Schritt a) die Schicht (2) durch Giessen hergestellt wird, wobei der flüssige Photoresist zwischen das Substrat (1) und eine Reliefmatrize (4) gegossen wird, und dass nach dem Verfestigen des Photoresist unter Wärmeeinwirkung und dem Ausformen die freie Oberfläche der Schicht (2)

die erste Reliefstruktur (5) als ein Negativ des Reliefmatrize (4) aufweist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
 dadurch gekennzeichnet ,
 5 dass im Schritt a) als erste Reliefstruktur (5) ein periodisches Gitter in die Schicht (2) abgeformt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13,
 dadurch gekennzeichnet ,
 10 dass im Schritt b) der Schnittwinkel zwischen dem Teilstrahl (9) und dem Referenzstrahl (10) so eingestellt wird, dass ein Beugungsgitter mit einer Spatialfrequenz erzeugt wird, die wenigstens dem Fünffachen der Spatialfrequenz der Reliefstruktur (5) entspricht.

15 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,
 dadurch gekennzeichnet ,
 dass im Schritt c) die erste Reliefstruktur (5) durch Drehen des Substrats (1) um eine Normale (15) zur Ebene des Substrats (1) im Azimut auf einen auf das Interferenzmuster bezogenen, vorbestimmten Azimutwert
 20 ausgerichtet wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
 dadurch gekennzeichnet ,
 25 dass im Schritt a) als erste Reliefstruktur (5) eine Mattstruktur in die Schicht (2) abgeformt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16,
 dadurch gekennzeichnet ,
 dass die Schritte b) bis e) zur Photostrukturierung wenigstens einer

weiteren Beugungsstruktur wiederholt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet ,
5 dass für den Schritt b) der Schnittwinkel zwischen dem Teilstrahl (9) und dem Referenzstrahl (10) verändert wird.
19. Verfahren nach Ansprüchen 17 oder 18,
dadurch gekennzeichnet ,
10 dass der Azimutwert der ersten Reliefstruktur (5) bezogen auf eine erste Beugungsstruktur durch Drehen des Substrats (1) um eine Normale zur Ebene des Substrats (1) verändert wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 19,
15 dadurch gekennzeichnet ,
dass im Schritt b) der Schnittwinkel zwischen dem Teilstrahl (9) und dem Referenzstrahl (10) so eingestellt wird, dass als Beugungsstruktur ein Beugungsgitter mit einer Gitterperiode von höchstens 400 nm erzeugt wird.

Zusammenfassung -:

5

Es werden lichtbeugende Mikrostrukturen durch Überlagerung wenigstens zweier Reliefstrukturen hergestellt, wobei die erste Reliefstruktur mechanisch erzeugt ist, während wenigstens eine zweite Reliefstruktur eine photomechanisch generierte Beugungsstruktur ist.

- 10 Ein Verfahren zum Herstellen von lichtbeugenden Mikrostrukturen, die additive Überlagerungen aus einer Reliefstruktur und wenigstens einer Beugungsstruktur sind, zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:
 - a) Herstellung einer Schicht (2) aus Photoresist auf einem Substrat (1), deren freie Oberfläche die Reliefstruktur aufweist,
 - 15 b) Erzeugen eines Interferenzmusters mit kohärentem Licht über der Reliefstruktur (5),
 - c) Ausrichten der Reliefstruktur auf das Interferenzmuster,
 - d) Belichten der Reliefstruktur mittels des Interferenzmusters
 - e) Entwickeln des Photoresist, wobei durch die Belichtung verändertes
 - 20 Material des Photoresist entfernt wird und Vertiefungen, z.B. Furchen, der Beugungsstruktur auf der Reliefstruktur entstehen und
 - f) Trocknen des Photoresist.

(Fig. 1)